



Vesa Vahtiala

FM-METRONOMI

FM-METRONOMI

Vesa Vahtiala
Opinnäytetyö
Syksy 2011
Tietotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja	+	Liitteitä
Tietotekniikan koulutusohjelma	Insinöörityo	24	+	10
Suuntautumisvaihtoehto	Aika			
Langaton tietoliikenne	2011			
Työn tilaaja	Työn tekijä			
OAMK, Tekniikan yksikkö, Tietotekniikan osasto	Vesa Vahtiala			
Työn nimi				
FM-metronomi				
Avainsanat				
Metronomi, Bluetooth, Zigbee, dBm, FM				

Tässä insinöörityössä oli tavoitteena tutkia mahdollisuutta toteuttaa langaton metronomi käyttäen lyhyen kantaman radiolähetintä yleisradiotaajuuksilla 87,5–108 MHz. Lyhyen kantaman FM-lähetin lähettäisi tahtisignaalia tietyllä taajuudella, jota soittajat vastaanottaisivat omilla matkapuhelimien radiolla. Lisäksi käytiin läpi vaihtoehtoisia tekniikoita, joilla signaalia voisi siirtää.

Työ aloitettiin tutustumalla koulun tietoliikennelaboratoriossa olevaan mittauslaitteistoon. Kaikki tehtävät mittaukset tehtiin Oulun seudun ammattikorkeakoulun tiloissa. Tämän jälkeen järjestelmälle suunniteltiin mittauksia, joissa testattiin, miltä etäisyydeltä radiosignaali voitiin vielä vastaanottaa ilman häiriöitä, käyttäen eri lähetystehoja. Tavoitteena oli saada selville, kuinka kauas signaalia voitaisiin lähettää viranomaismääräyksiä noudattaen. Mittauksissa käytettiin mittalaitteiston lisäksi myös matkapuhelinta, jonka radiolla signaalia kuunneltiin ja arvioitiin.

Lopputuloksina huomattiin, että radiolähettimellä lähetettäessä signaali ei kantanut riittävän kauas hyvälaatuisena, jotta metronomin voisi toteuttaa FM-radiolla. Jatkossa signaalin siirtämiseen voisi käyttää muita tiedonsiirtotekniikoita, esimerkiksi Bluetoothia tai ZigBeetä.

Degree programme	Thesis	Number of pages	+	Appendices
Information Technology and Telecommunications	B.Sc.	24	+	10
Line	Date			
Wireless devices	2011			
Commissioned by	Author			
Oulu university of applied sciences, School of engineering, IT and Telecommunication	Vesa Vahtiala			
Thesis title				
FM-Metronomi				
Keywords				
Metronome, Bluetooth, Zigbee, dBm, FM				

The purpose of this thesis was to examine the possibility to create a wireless metronome using a short range radio transmitter at 87,5–108 MHz frequencies. A short range FM-transmitter would send a beat using a certain frequency and the members of the band would receive it with the radios on their cell phones. Also, some alternate techniques which could be used to transfer the signal were examined.

All measurements were done in Oulu University of applied sciences. System was tested by sending radio signal using different transmission powers and different distances to the receiver. The goal was to find out how far from the transmitter the signal could still be received obeying the official power regulations. In addition to the measurement a cell phone radio was used to pick up the transmission.

As a result, it was discovered that the signal can't be received from the required distance with good quality when sending it with an FM-transmitter. In the future the signal could be transferred using different data transfer techniques, such as Bluetooth or ZigBee.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT.....	4
SISÄLTÖ.....	5
1 JOHDANTO	6
2 METRONOMI.....	7
3 TIEDONSIIRTOTEKNIIKAT	8
3.1 Bluetooth	8
3.2 ZigBee	9
4 MITTAUKSET	11
4.1 Mittayksiköt.....	11
4.2 Mittalaitteet	11
4.3 Alkuasetelma.....	13
4.4 Testisignaali	14
4.5 Mittaukset 2 metrin etäisyydeltä	15
5 MITTAUSTULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI	19
6 POHDINTA	21
LÄHTEET	22
LIITTEET	24

1 JOHDANTO

Insinööriyö tehtiin Oulun seudun ammattikorkeakoulussa, tekniikan yksikössä. Työn aiheena oli rakentaa langaton metronomi big band -kokoonpanolle, jossa ei ole orkesterinjohtajaa. Lyhyen kantaman radiolähetin lähettäisi tah-tisignaalia, joka helpottaa soittajia pysymään tahdissa ja soittajilla olisi radio-vastaanotin, esimerkiksi matkapuhelin, joilla he kuuntelisivat signaalia.

Tarkoituksena oli tutkia mahdollisuutta käyttää FM-yleisradiotaajuuksia 87,5–108 MHz, jolloin huomioon täytyi ottaa myös lyhyen kantaman radiolähettimien viranomaismääräykset. Alhaisten lähetystehojen takia täytyi testata lähettimen kantomatkoja ja tutkia, voiko järjestelmää toteuttaa yhdellä lähettimellä.

Työssä tutkittiin pintapuolisesti myös muita mahdollisia toteutustapoja. Tässä dokumentissa käydään läpi työssä käytettyjä menetelmiä ja analysoidaan mittauksissa saatuja tuloksia.

2 METRONOMI

Metronomi eli tahtimittari on laite, joka tuottaa jonkin ääni- tai valomerkin määrättyyn tahtiin. Sen tarkoituksena on auttaa muusikkoa säilyttämään johdonmukainen tempo säännöllisellä naksahduksella tai valomerkillä. Big bändissä metronomin tarkoitus on auttaa soittajia pysymään yhteisessä tahdissa.

Dietrich Nikolaus Winkel keksi metronomin Amsterdamissa vuonna 1812. Johann Mälzel sai patentin kannettavaan metronomiin vuonna 1816 kopioituaan useita Winkelin ideoista. Ludwig van Beethoven oli ensimmäinen tunnettu säveltäjä, joka teki metronomimerkintöjä sävellyksiinsä. (1.)

Nykyään on olemassa mekaanisia, elektronisia ja ohjelmointiin perustuvia metronomeja. Kuvassa 1 on mekaaninen metronomi.



KUVA 1. Mekaaninen metronomi

3 TIEDONSIIRTOTEKNIIKAT

Insinööriyössä keskityttiin tutkimaan metronomin toteuttamista käyttäen FM-tekniikkaa. Tässä luvussa tutkitaan muita mahdollisia tiedonsiirtotekniikoita, joilla järjestelmän voisi toteuttaa.

3.1 Bluetooth

Bluetooth on lyhyen kantaman radiojärjestelmä, joka on suunniteltu korvaamaan tiedonsiirtoon tarvittavat kaapelit mobiililaitteiden väliltä. Se soveltuu hyvin pieniin laitteisiin, kuten GPS, matkapuhelimet ja taskutietokoneet. (2.)

Bluetooth toimii 2,4 GHz:n taajuudella ISM-taajuusalueella (Industrial-Scientific-Medical), joka on vapaassa käytössä lähes joka puolella maailmaa. Bluetooth vaihtelee lähetystaajuutta 79 eri kanavan välillä yhden megahertsin välein. Taajuushyppelyn periaatteena on ulkoisten häiriöiden minimoiminen. Bluetoothin tiedonsiirron nopeus on 3,0 Mbit/s. (3.)

Bluetooth-lähettimet on jaettu kolmeen luokkaan niiden lähetystehon perusteella:

Luokka 1: lähetysteho 100 mW, siirtoetäisyys 100 m.

Luokka 2: lähetysteho 2,5 mW, siirtoetäisyys 10 m.

Luokka 3: lähetysteho 1 mW, siirtoetäisyys 0,1–10 m. (4.)

Bluetooth tukee sekä kahden että useamman laitteen välisiä yhteyksiä. Keskenään kommunikoivat laitteet muodostavat joustavan tähtimäisen verkkorakenteen, pikoverkon, johon voi kuulua samanaikaisesti kahdeksan eri laitetta. Yhteydenoton ensimmäisenä aloittaneesta laitteesta tulee automaattisesti perustamansa pikoverkon isäntälaitte (master). Muut pikoverkon laitteet tahdistuvat isäntälaitteen kelloon ja noudattavat samaa taa-

juushyppelyjärjestystä. Laitteet voivat liittyä verkkoon ja poistua siitä vapaasti. Kaikki liikenne kulkee isäntälaitteen kautta. Kukin laite voi lisäksi kuulua yhtä aikaa useaan pikoverkkoon. Tällaista usean erillisen pikoverkon muodostamaa rakennetta kutsutaan hajaverkoksi (scatternet). Kullakin pikoverkolla on oma isäntälaitteensa ja taajuushyppelyjärjestyksensä, eikä niiden välinen liikenne ole synkronoitua. (2.)

Bluetooth on niin yleisesti käytössä oleva tekniikka, että järjestelmän toteuttaminen sen avulla olisi hyvinkin mahdollista. Lisäksi usean eri laitteen liittäminen verkkoon on yksinkertaista, mutta jos laitemäärä ylittää kahdeksan, eikä yhdellä pikoverkolla selvitä, voi verkkojen synkronoiminen olla ongelma.

3.2 ZigBee

ZigBee on vähävirtainen lyhyen kantaman radioverkkojärjestelmä. Sen tarkoituksena on pienten ja yksinkertaisten laitteiden verkottaminen langattomasti. ZigBee-verkko voi sisältää jopa 65 536 laitetta. Verkossa on kahden tyyppisiä laitteita, FFD- (Full Function Device) sekä RFD (Reduced Function Device) -laite. FFD-laitteet välittävät liikennettä verkossa, joten kaikki liikenne ei kulje yhden laitteen kautta. (5.)

Bluetoothin tavoin ZigBee toimii 2,4 GHz:n ISM-taajuudella. Siirtonopeus on 250 kbit/s ja suurin mahdollinen kantomatka 100 metriä. ZigBeen ei ole tarkoitus haastaa Bluetoothia, vaan sen ideana on äärimmäisen pieni virrankulutus, jolloin paristojen kesto voi olla jopa vuosia. (6.)

ZigBeen suurimmat käyttökohteet ovat automaatioissa, kuten kotien valaistus, lämmitys ja ilmastointi. Myös teollisuudessa on paljon mittauskohteita, joissa tekniikkaa voidaan hyödyntää.

Järjestelmän toteuttaminen ZigBeen avulla vaatisi enemmän investointeja kuin Bluetoothin, sillä ZigBeetä käyttäviä laitteita ei ole niin paljon yleisessä

käytössä. ZigBeen etuna on kuitenkin se, että verkkoon voi liittää helposti tarvittava määrä laitteita.

4 MITTAUKSET

Metronomin toteuttamista FM-radiolla varten täytyi mitata radiolähtetimen signaalin kantomatkoja eri lähetystehoilla ja eri etäisyyksillä. Tarkoituksena oli saada selville, miltä etäisyyksiltä signaalia voitiin vastaanottaa, kun lähetystehot olivat pieniä.

4.1 Mittayksiköt

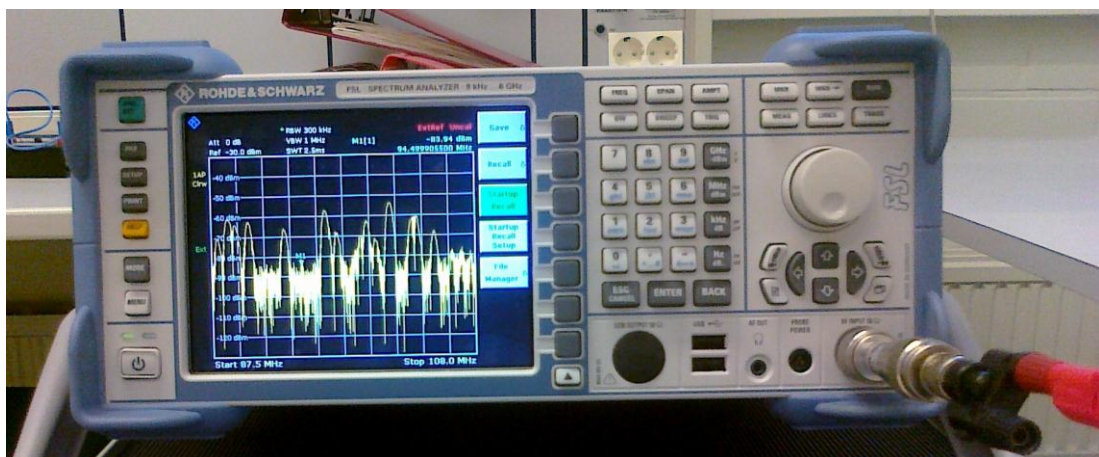
Desibeli (tunnus dB) on yksikkö, joka vertailee tehosuureiden suhteita logaritmisella asteikolla. Radiotekniikassa käytettävä dBm tarkoittaa desibelimäärää suhteessa milliwattiin. (7.) Tätä yksikköä käytetään erityisesti ammattielektroniikassa, kuten radiopuhelimissa. Vastaanottimen herkkyys saattaa olla esim. -90 dBm. Yhden milliwatin teho on 0 dBm. 3 desibelin muutos tarkoittaa tehon kaksinkertaistumista ja 10 desibelin muutos tehon kymmenkertaistumista. $+3$ dBm:n teho vastaa siis 2 mW:n tehoja ja $+10$ dBm on 10 mW. $+30$ dBm:n teho taas vastaa 1000 mW:a eli yhden watin tehoa. Tässä työssä käytetään 0 – -40 dBm:ää, eli $1-0,0001$ W:n tehoja.

4.2 Mittalaitteet

Mittaukset tehtiin käyttäen koulun Rhode & Schwarzin vektorisignaali-generaattoria (kuva 2) ja spektrianalysaattoria (kuva 3). Signaaligeneraattorin taajuusalue on 9 kHz – 6 GHz (8), joten halutut 87,5–108 MHz:n taajuuDET eivät olleet ongelma. Signaalin vastaanottamiseen käytettiin Rhode & Schwarzin FSL-spektrianalysaattoria, jolla oli sama taajuusalue kuin generaattorillakin. (9.)



KUVA 2. Signaaligeneraattori

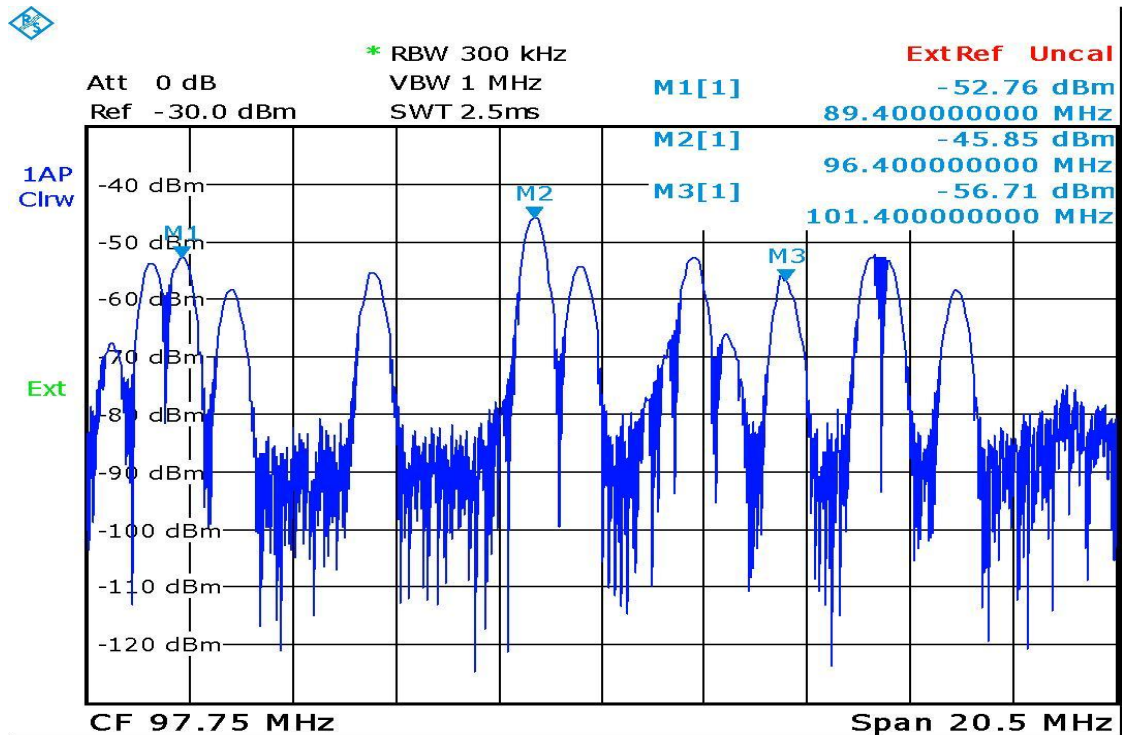


KUVA 3. Spektrianalysaattori

Mittauksia tehtiin koulun tietoliikennelaboratoriossa yhden henkilön voimin. Kaikki mittaukset tehtiin laboratorion ollessa tyhjiällä, jolloin häiritsevää radioliikennettä olisi mahdollisimman vähän. Signaaligeneraattorin, eli radiolähttimen, paikka oli aina sama ja vain vastaanottimen etäisyyttä vaihdeltiin. Lähttimen ja vastaanottimen välissä ei ollut esteitä. Mittauksissa käytetyt etäisyydet olivat 2 metriä, 4,5 metriä sekä 7 metriä. Signaalia lähetettiin jokaisella etäisyydellä 0, -10, -20, -30 sekä -40 dBm teholla. Jokaisen mittauksen yhteydessä lähetettyä signaalia myös kuunneltiin Nokian E55-matkapuhelimen radion avulla.

4.3 Alkuasetelma

Mittauksien suorittamista varten täytyi ensin valita, millä taajuudella signaalia olisi tarkoitus lähettää. Koska mittauksissa käytettiin yleisradiotaajuuksia, täytyi tutkia, mitkä taajuudet olivat jo käytössä. Kuvassa 4 näkyy yleisradioliikenteelle varattu taajuusalue 87,5–108 MHz. Pylväät merkitsevät vastaanotettuja signaaleja, tässä tapauksessa radiokanavia. Kuvaan on asetettu kolme markkeria eri taajuuksille. M1 on taajuudella 89,4 MHz eli Iskelmäradion taajuudella. M2 sijaitsee taas taajuudella 96,4 MHz eli Radio Suomen POPin taajuudella, kun M3:n osoittama 101,4 MHz kuuluu The Voicelle.

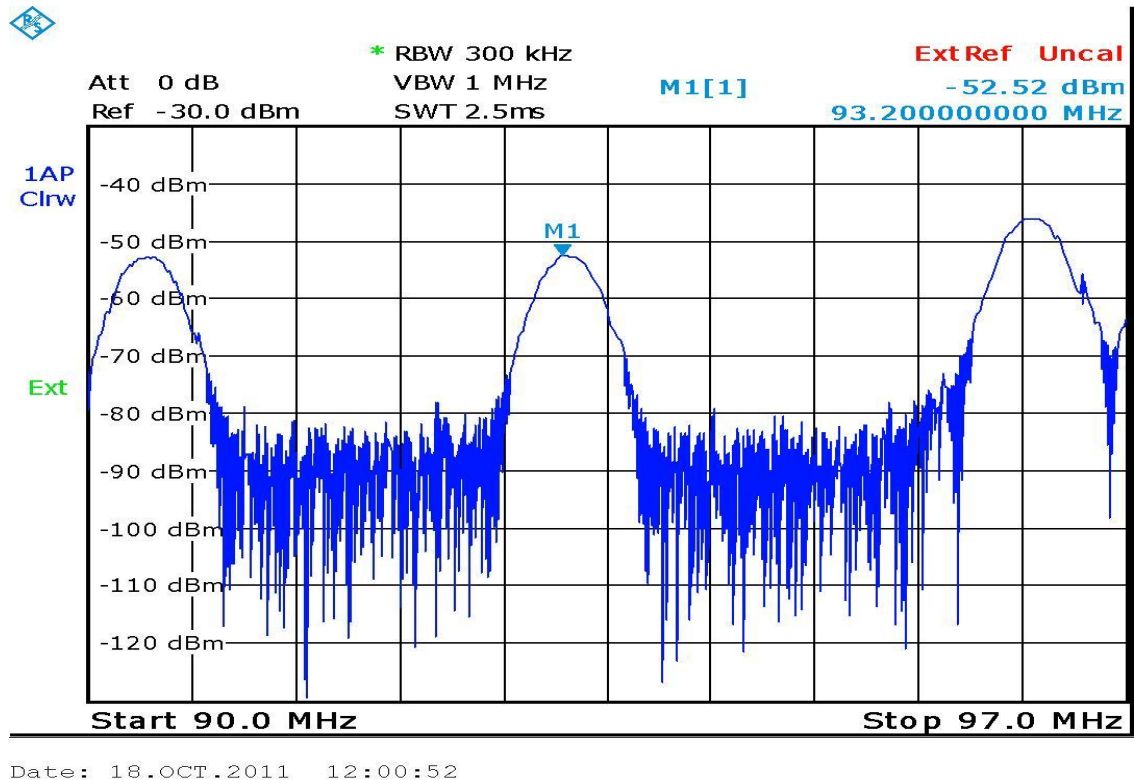


Date: 18.OCT.2011 11:56:03

KUVA 4. 87,5–108 MHz:n taajuusalue

Tämän jälkeen tarkasteltiin mahdollisia vapaita taajuuksia, joita voitaisiin hyödyntää mittauksissa. Kuvasta huomaa, että markkerien 1 ja 2 välissä on kaksi isoa aluetta, joilla ei ole suurempaa radioliikennettä. Kuvan taajuusalue on kuitenkin vielä niin suuri, että pienempitehoiset signaalit eivät välttämättä näy, joten kuvassa 5 on tarkasteltu 90,0–97,0 MHz:n aluetta tarkemmin. Siitä ilmenee että, alueella ei näyttäisi olevan muuta radioliikennettä kuin 93,2

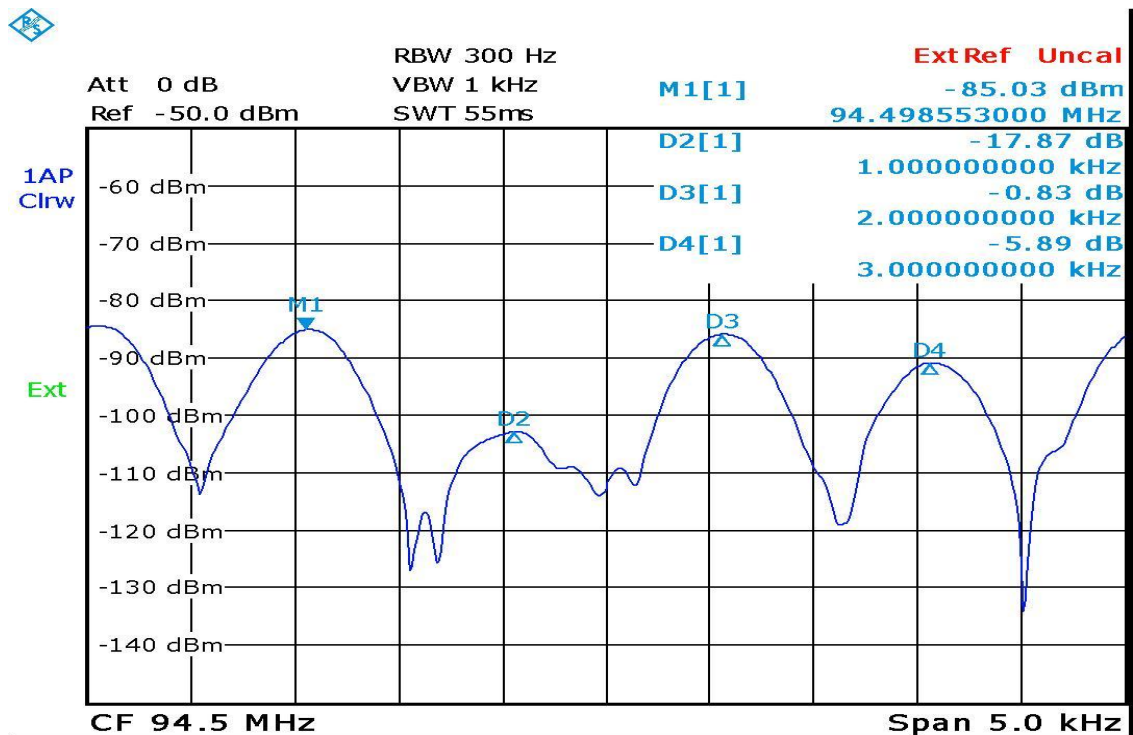
MHz:n taajuudella toimiva YleX. Tämän perusteella käytettäväksi taajuudeksi valittiin 94,5 MHz. Toisaalta taajuudeksi olisi yhtä hyvin voitu valita esimerkiksi 92,0 MHz tai jokin muu vapaana oleva taajuus.



KUVA 5. 90,0–97,0 MHz:n taajuusalue

4.4 Testisignaali

Ensimmäisissä testeissä lähettimen ja vastaanottimen välinen etäisyys oli 4,5 metriä. Signaaligeneraattorilla lähetettiin FM-moduloitua 5 kHz:n sinisignaalia taajuudella 94,5 MHz. Kuvassa 6 näkyy signaalin 1 kHz:n välein toistuvat harmoniset signaalit. Tätä signaalia käytettiin kaikissa tämän työn testeissä. Puhelimen radiolla kuunneltuna signaali vastaa jatkuvaa piippausta.

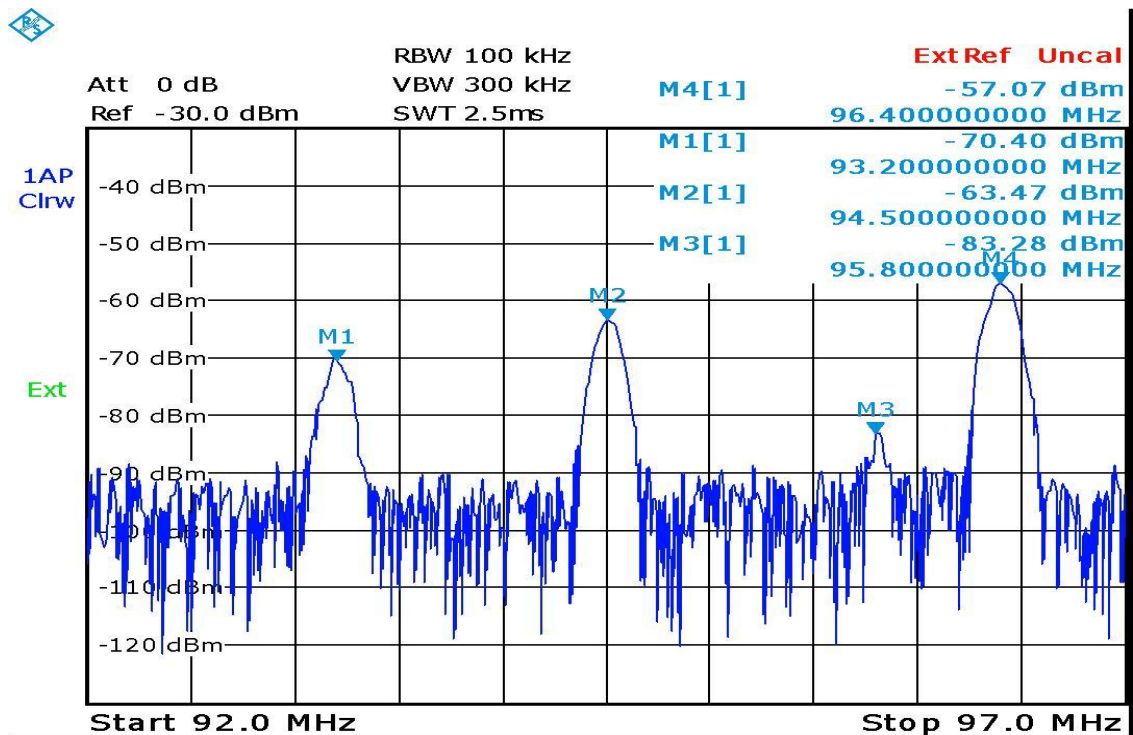


Date: 19.OCT.2011 10:46:13

KUVA 6. Testisignaalin harmoniset signaalit

4.5 Mittaukset 2 metrin etäisyydeltä

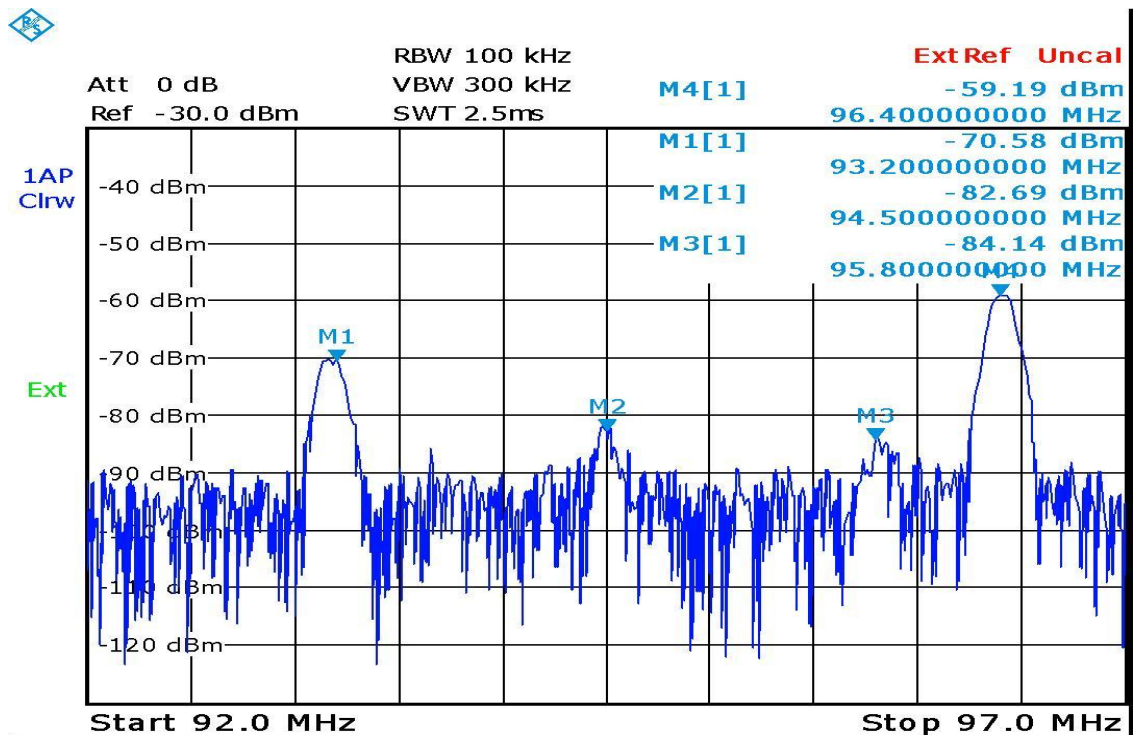
Lyhin mittauksissa käytetty etäisyys lähettimen ja vastaanottimen välillä oli 2 metriä. Aluksi signaalia lähetettiin 0 dBm:n eli 1 mW:n teholla. Kuvassa 7 taajuusalueella 92,0–97,0 MHz on kolme radiokanavaa sekä oma testisignaali. Kuvaan on otettu mukaan neljä markkeria, joista kolme osoittaa radiokanavia ja M2 merkitsee omaa signaalia. Signaali on kahden metrin matkalla vaimentunut n. 60 dBm, kun vastaanottimessa teho on –63 dBm. Tässä vaiheessa vastaanotin saa vielä oman testisignaalin suurempitehoisena kuin YleX:n 93,2 MHz:n ja Radio Rockin 95,8 MHz:n signaalit.



Date: 19.OCT.2011 13:44:42

KUVA 7. Testisignaali ja kolme radiokanavaa

Kuvassa 8 on samaa signaalia lähetetty samalta etäisyydeltä, mutta lähetysteho on laskettu -20 dBm:iin eli 0,01 mW:iin. Näin myös vastaanotetun signaalin teho on laskenut n. 20 dBm, mutta signaali on vielä samantasoinen Radio Rockin signaalin kanssa. Myös puhelimella vastaanotettu signaali kuulostaa oikein hyvän laatuisealta.

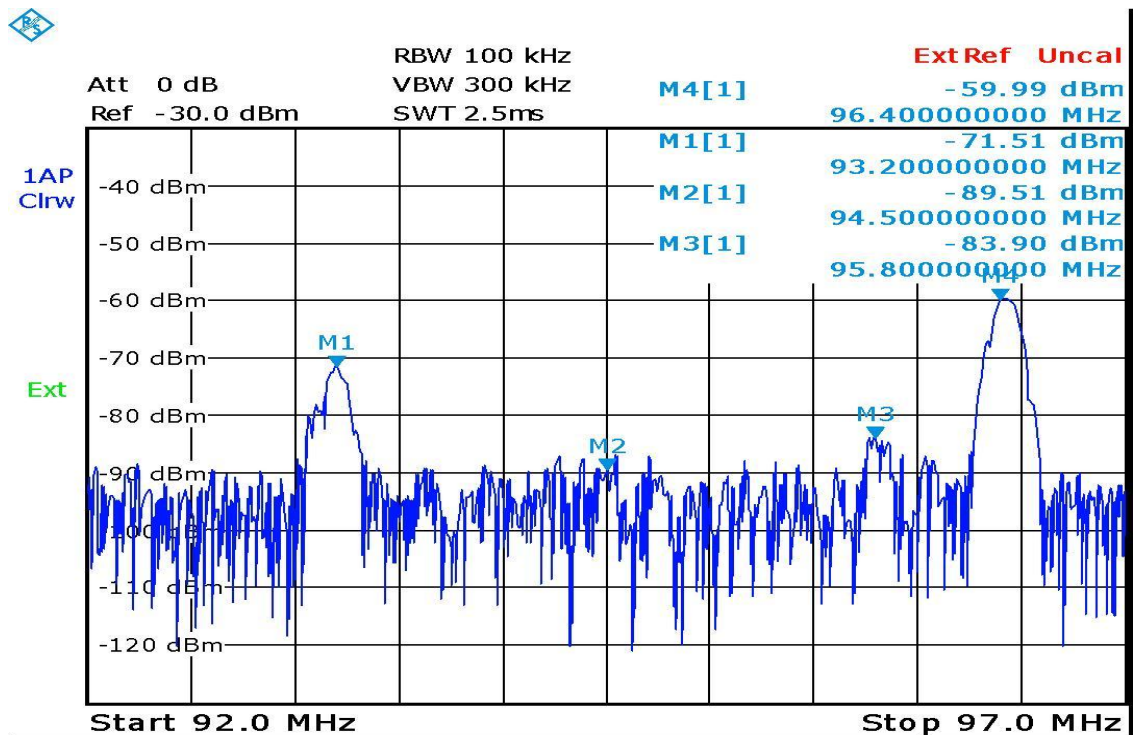


Date: 19.OCT.2011 13:46:32

KUVA 8. Testisignaali -20 dBm:n teholla

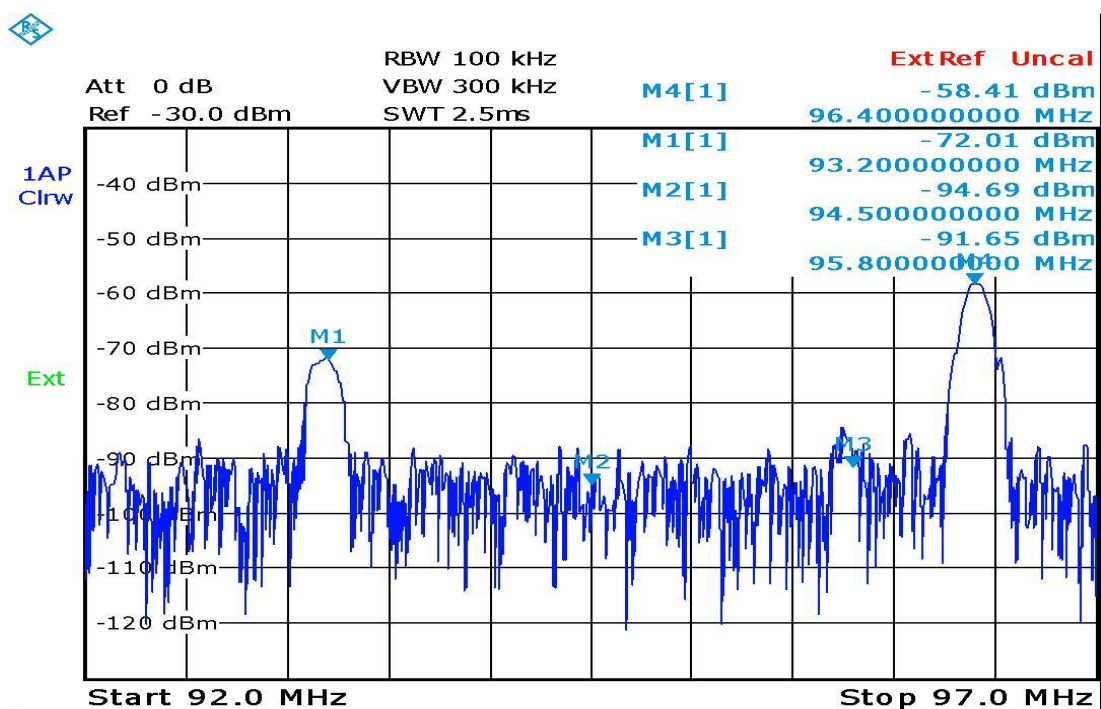
Kun lähetystehoa lasketaan vielä 10 dBm:llä 0,001 mW:iin, on signaalin teho vastaanottimessa jo n. -90 dBm (kuva 9). Puhelimen radiolla kuunneltaessa ääni kuuluu kuitenkin vielä oikein hyvin, eikä taustakohinaa ole.

Lähetystehon laskiessa -40 dBm:iin (kuva 10) on testisignaali jo suorastaan kadonnut kohinaan. Puhelimella kuunneltaessa ääni kuuluu vielä noin metrin päässä lähettimessä, mutta lähestyttäessä kahta metriä kuuluu vain kanavien välistä kohinaa.



Date: 19.OCT.2011 13:46:51

KUVA 9. Testisignaali -30 dBm:n teholla



Date: 19.OCT.2011 13:48:37

KUVA 10. Testisignaali -40 dBm:n teholla

5 MITTAUSTULOKSET JA NIIDEN ANALYSOINTI

Mittausten samankaltaisuuden takia katsottiin aiheelliseksi esitellä dokumentissa vain 2 metrin etäisyydellä tehdyt mittaukset. Kaikkien mittausten tulokset käydään kuitenkin läpi tässä luvussa. Mittausten tulokset löytyvät myös liitteinä (liitteet 1–10) dokumentin lopusta.

Taulukkoon 1 on koottu kaikki mittaustulokset Excel-tilaukseen. Taulukosta näkee vastaanotetun signaalin tehon jokaisen etäisyyden jokaisella lähetysteholla.

Tuloksia tarkastellessa täytyy ottaa huomioon laitteiston mittausvirhe sekä radioliikenteen jatkuva muuttuminen. Jotta jokaiseen mittaukseen vaikuttaisivat samat häiriöt, pitäisi kaikki tulokset saada samalta hetkeltä. Tämä ei tietenkään ollut mahdollista tässä työssä, joten tuloksissa saattaa ilmetä pientä vaihtelua. Myöskään käytettävissä ei ollut riittävän suurta häiriösuojattua huonetta, jossa häiriöt olisivat olleet kontrolloituja.

TAULUKKO 1. Mittaustulokset, vastaanotettu teho dBm:inä

	Etäisyys 2 m	4,5 m	7 m
Lähetysteho 0 dBm	−63,47	−75,97	−76,36
−10 dBm	−73,38	−75,41	−82,01
−20 dBm	−82,69	−83,74	−91,1
−30 dBm	−89,51	−89,33	−90,8
−40 dBm	−94,69	−90,99	−91,17

Kahden metrin etäisyydellä signaali vaimentui n. 60 dBm, lähetystehosta riippumatta. Puhelimella samalla signaalilla kuunneltaessa ääni kuului selväs-

ti vielä -30 dBm:n lähetysteholla, mutta -40 dBm:n teholla ei enää. 4,5 metrin etäisyyksillä ääni kuului vielä selkeästi ilman kohinaa -20 dBm:n lähetysteholla, mutta -30 dBm:n teholla laatu heikkenee n. 3,5 metrin kohdalla. 7 metrin etäisyydellä ääni kuuluu ainoastaan 0 ja -10 dBm:n tehoilla. Taulukosta näkee, että vastaanotettu tehon ollessa n. -90 dBm äänikin loppui kuulumasta. Poikkeuksena on 2 metrin päästä lähetetty signaali -30 dBm:n lähetysteholla.

Viestintäviraston määräyksen mukaan pienitehoisen FM-lähettimen säteilyteho saa olla enintään vain 50 nW eli -43 dBm (10.). Mittaustulosten perusteella on selvää, ettei järjestelmää pysty toteuttamaan ainakaan kyseisillä laitteilla. Vastaanottolaitteiston täytyisi olla herkempi kuin tavallisen matkapuhelimen radio, jotta signaali olisi hyödynnettävissä. Mittaustulosten mukaan signaali oli heikoimmillaan -94 dBm, joten vastaanottimen herkkyyden ollessa esimerkiksi -105 dBm voitaisiin signaalia teoriassa vastaanottaa vielä 7 metrinkin jälkeen.

6 POHDINTA

Tässä työssä oli tarkoitus tutkia, olisiko lyhyen kantaman FM-radiolähettimellä mahdollista toteuttaa langaton metronomi käyttäen 87,5–108 MHz:n yleisradiotaajuuksia.

Mittausten perusteella voitiin todeta, että järjestelmän toteuttaminen ei olisi mahdollista ainakaan kyseisillä laitteilla. Viestintäviraston määräysten mukaisia lähetystehoja käyttäen signaalia ei pystytty vastaanottamaan riittävän hyvälaatuisena riittävän välimatkan päästä. Vastaanottimena käytettävän tavallisen matkapuhelimen radion vastaanottoherkkyys ei ollut riittävä. Etäisyyden nostaminen olisi mahdollista herkemmän radiovastaanottimen avulla.

Järjestelmän toteuttamista Bluetoothin tai ZigBeenin avulla olisi mielestäni hyvä tutkia syvemmin, mahdollisesti vaikka toisessa opinnäytetyössä. Bluetooth olisi ehkä järkevin valinta, koska se on jo maailmanlaajuisesti yleisessä käytössä, ellei järjestelmässä käytettävien laitteiden määrä nouse kovin suureksi.

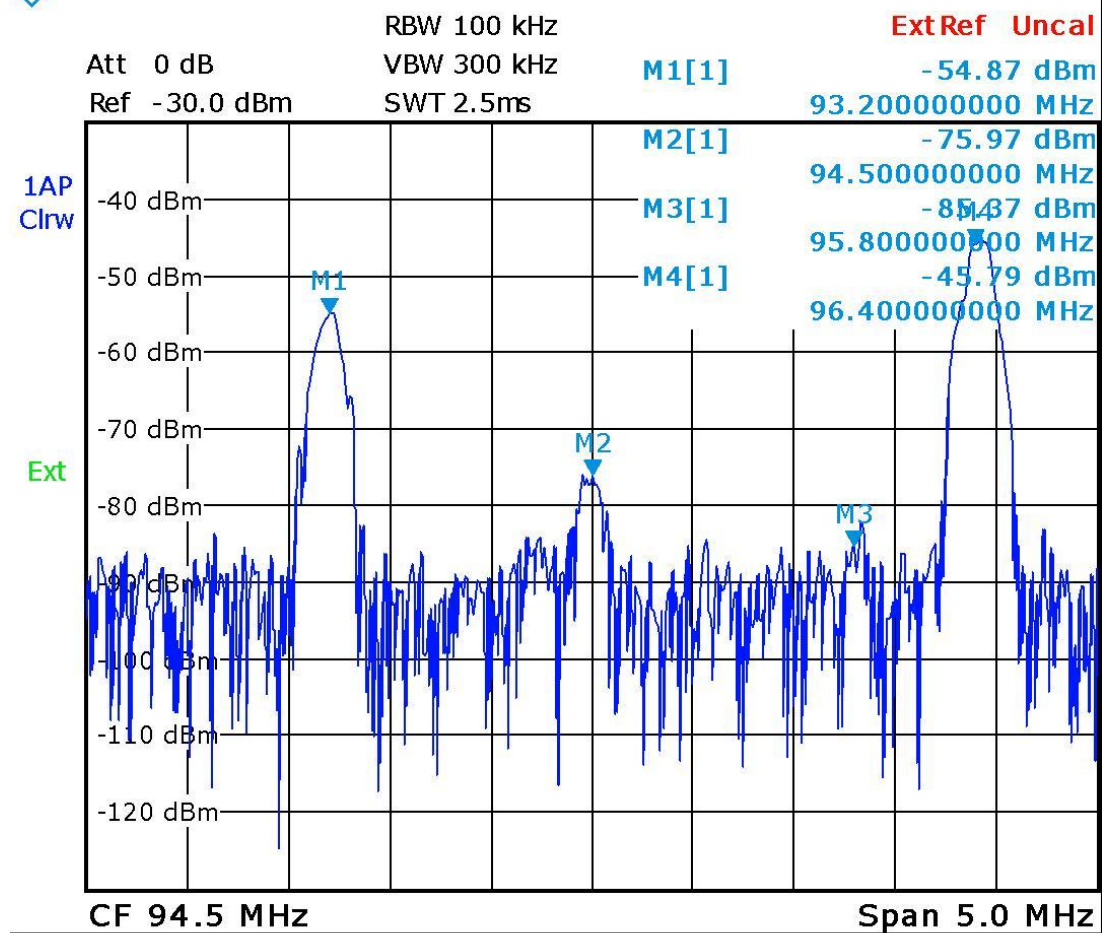
LÄHTEET

1. Metronomi. 2010 Saatavissa <http://fi.wikipedia.org/wiki/Metronomi>. Hakupäivä 28.11.2011.
2. Lempiäinen, Jarkko – Pönkänen, Sami – Vuorinen, Sampo. 1999. Bluetooth - tiedonsiirtoa langattomasti. Saatavissa: <http://www.netlab.tkk.fi/opetus/s38118/s99/htyo/39/>. Hakupäivä 1.11.2011.
3. Bluetooth. 2011. Saatavissa: <http://fin.afterdawn.com/sanasto/selitys.cfm/bluetooth>. Hakupäivä 23.11.2011.
4. Bluetooth. Saatavissa: <http://www.tech-faq.com/bluetooth.html>. Hakupäivä 23.11.2011.
5. Craig, William C. 2006. ZigBee: Working with Wireless Control. Saatavissa: http://www.isa.org/InTechTemplate.cfm?Section=Control_Fundamentals1&template=/ContentManagement/ContentDisplay.cfm&ContentID=51164. Hakupäivä 28.11.2011.
6. What is Zigbee. Saatavissa: <http://www.palowireless.com/zigbee/whatis.asp>. Hakupäivä 23.11.2011.
7. Desibelit. 2010. Saatavissa: <http://www.siptune.net/tiki-index.php?page=Desibelit>. Hakupäivä 23.11.2011.
8. Rhode & Schwarz R&S®SMBV100A Vector Signal Generator. 2011. Saatavissa: <http://www2.rohde-schwarz.com/product/smbv100a.html>. Hakupäivä 3.11.2011.

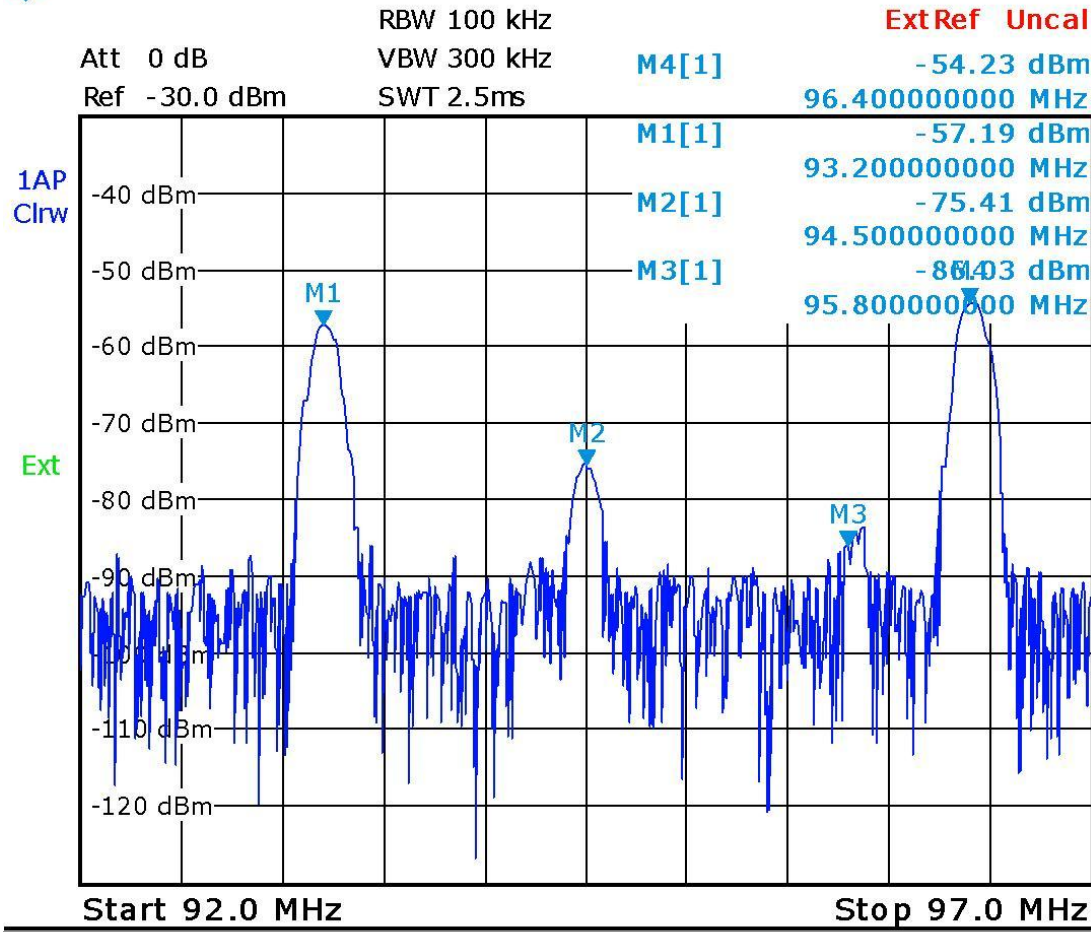
9. Rhode & Schwarz R&S®FSL Spectrum Analyzer. 2011. Saatavissa:
<http://www2.rohde-schwarz.com/product/FSL.html>. Hakupäivä 3.11.2011.
10. Viestintävirasto 15AB/2011 M. Luvasta vapaiden radiolähettimien yleis-
taajuuksista ja käytöstä. Saatavissa
http://www.ficora.fi/attachments/suomimq/5xxalP6YL/Maarays_15AB2011M.pdf. Hakupäivä 4.11.2011.

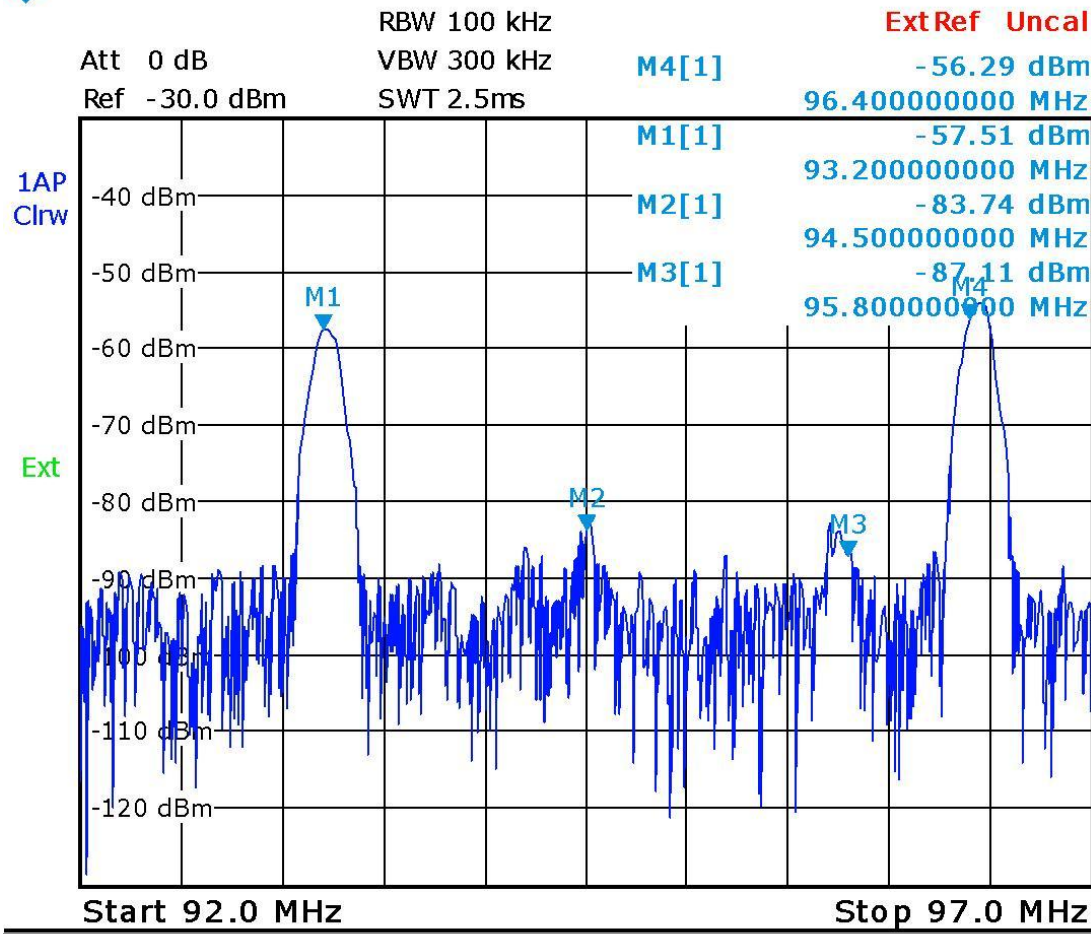
LIITTEET

- Liite 1. 4,5 metrin etäisyys, lähetysteho 0 dBm
- Liite 2. 4,5 metrin etäisyys, lähetysteho –10 dBm
- Liite 3. 4,5 metrin etäisyys, lähetysteho –20 dBm
- Liite 4. 4,5 metrin etäisyys, lähetysteho –30 dBm
- Liite 5. 4,5 metrin etäisyys, lähetysteho –40 dBm
- Liite 6. 7 metrin etäisyys, lähetysteho 0 dBm
- Liite 7. 7 metrin etäisyys, lähetysteho –10 dBm
- Liite 8. 7 metrin etäisyys, lähetysteho –20 dBm
- Liite 9. 7 metrin etäisyys, lähetysteho –30 dBm
- Liite 10. 7 metrin etäisyys, lähetysteho –40 dBm

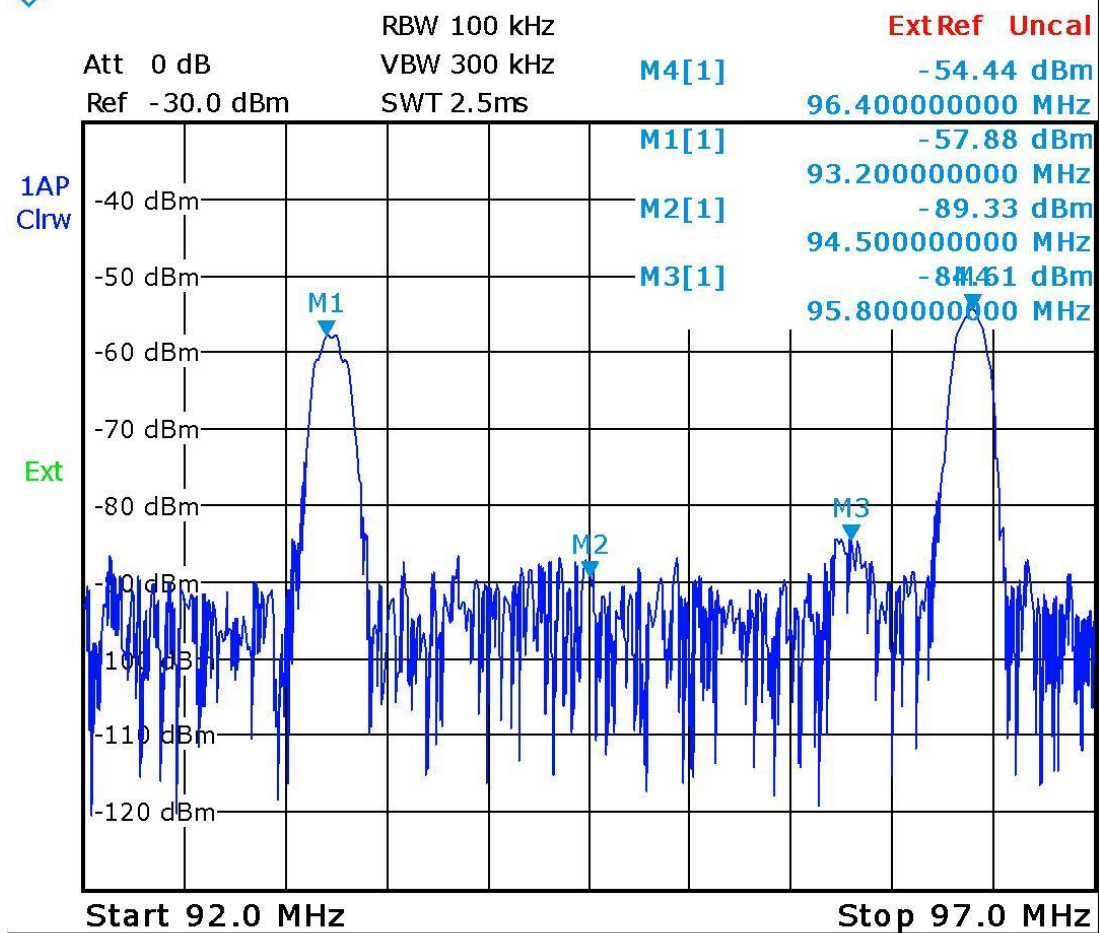


Date: 19.OCT.2011 10:31:20

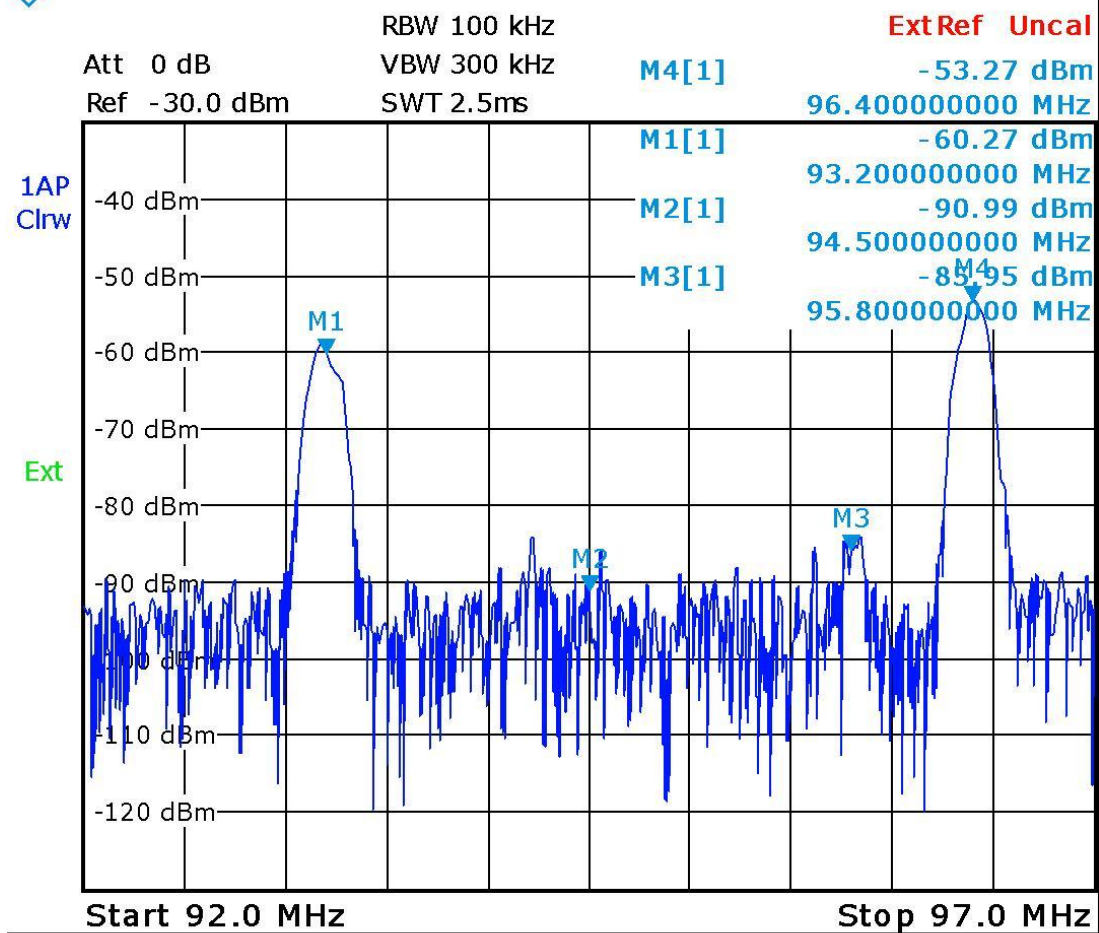




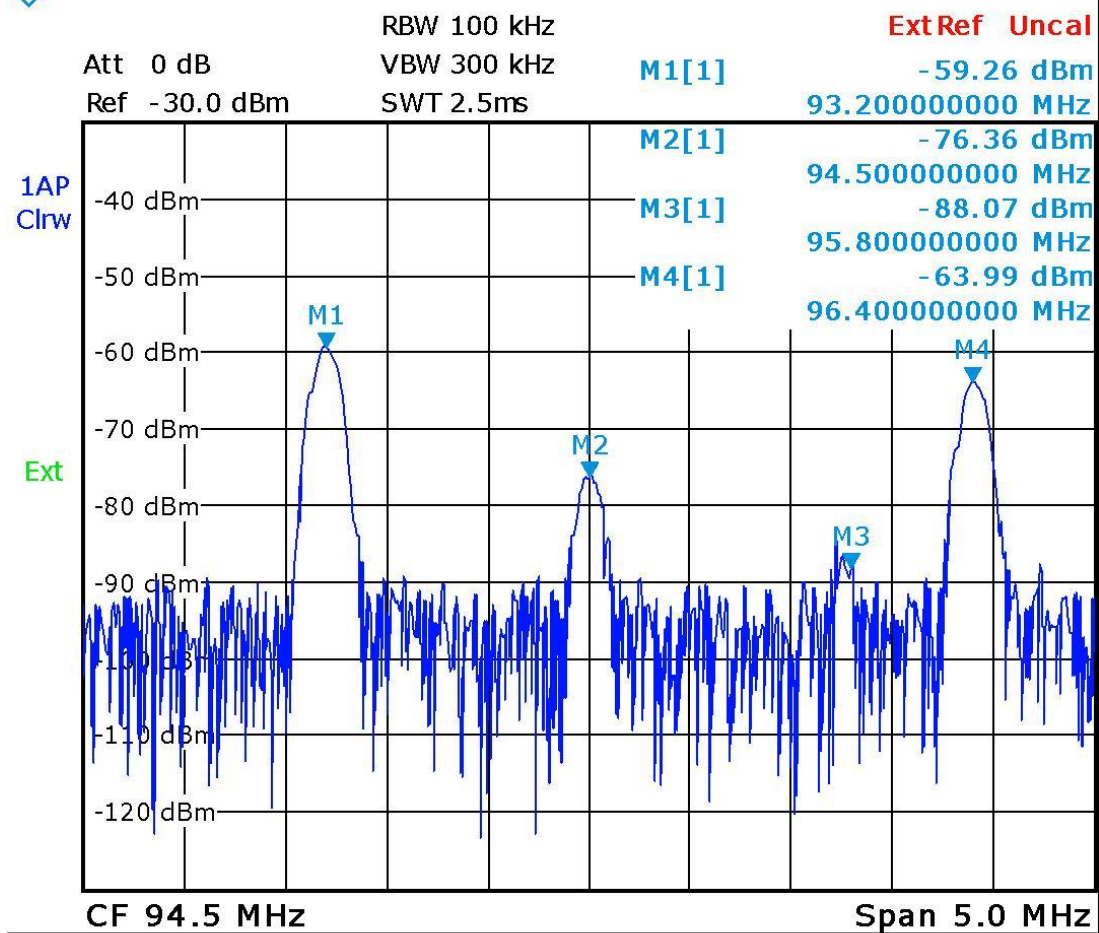
Date: 19.OCT.2011 11:14:20



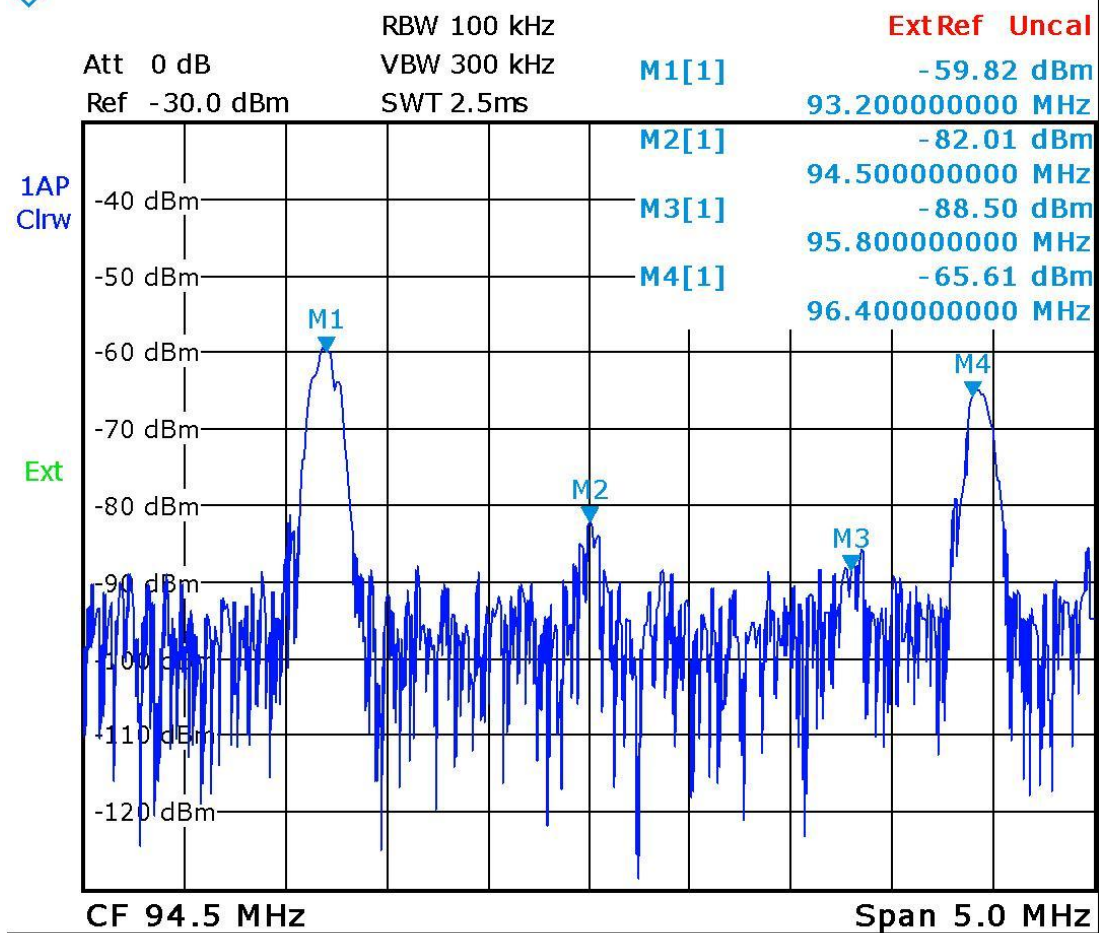
Date: 19.OCT.2011 11:14:49



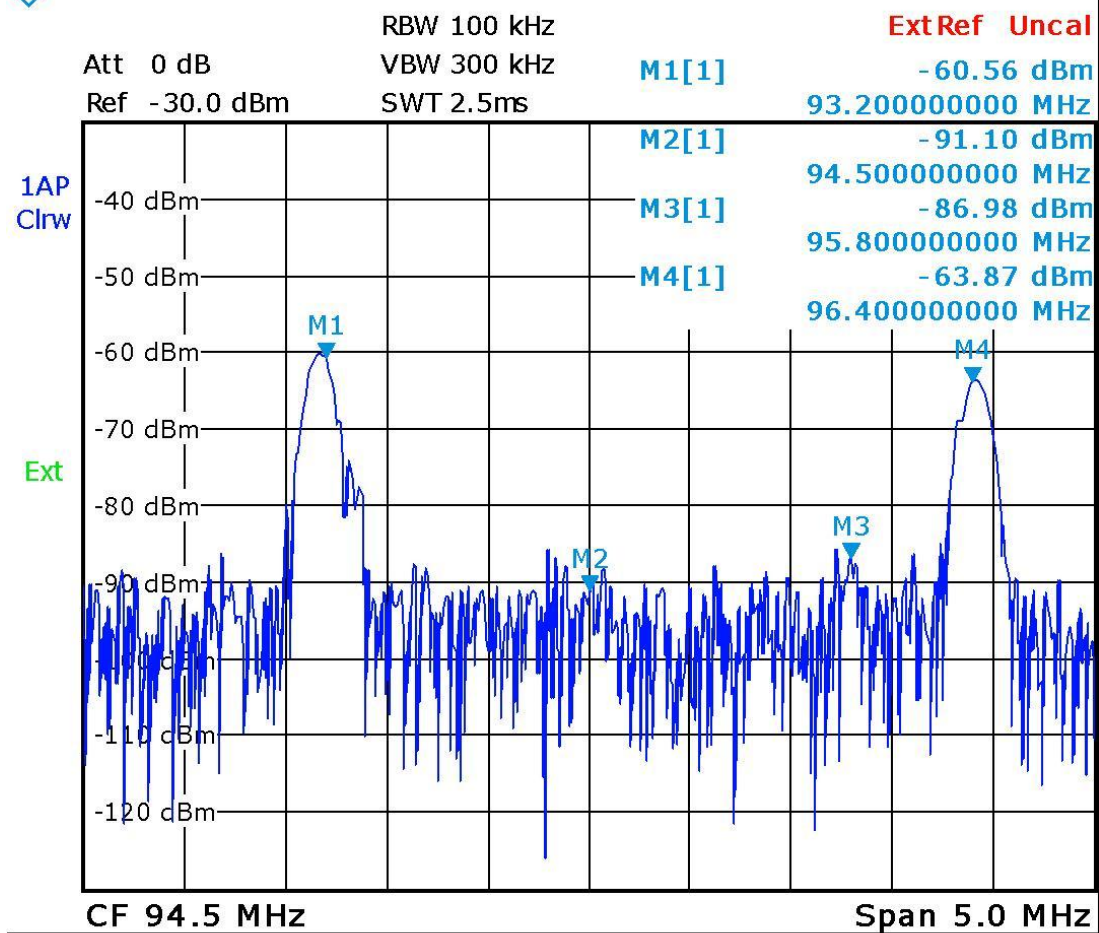
Date: 19.OCT.2011 11:15:32



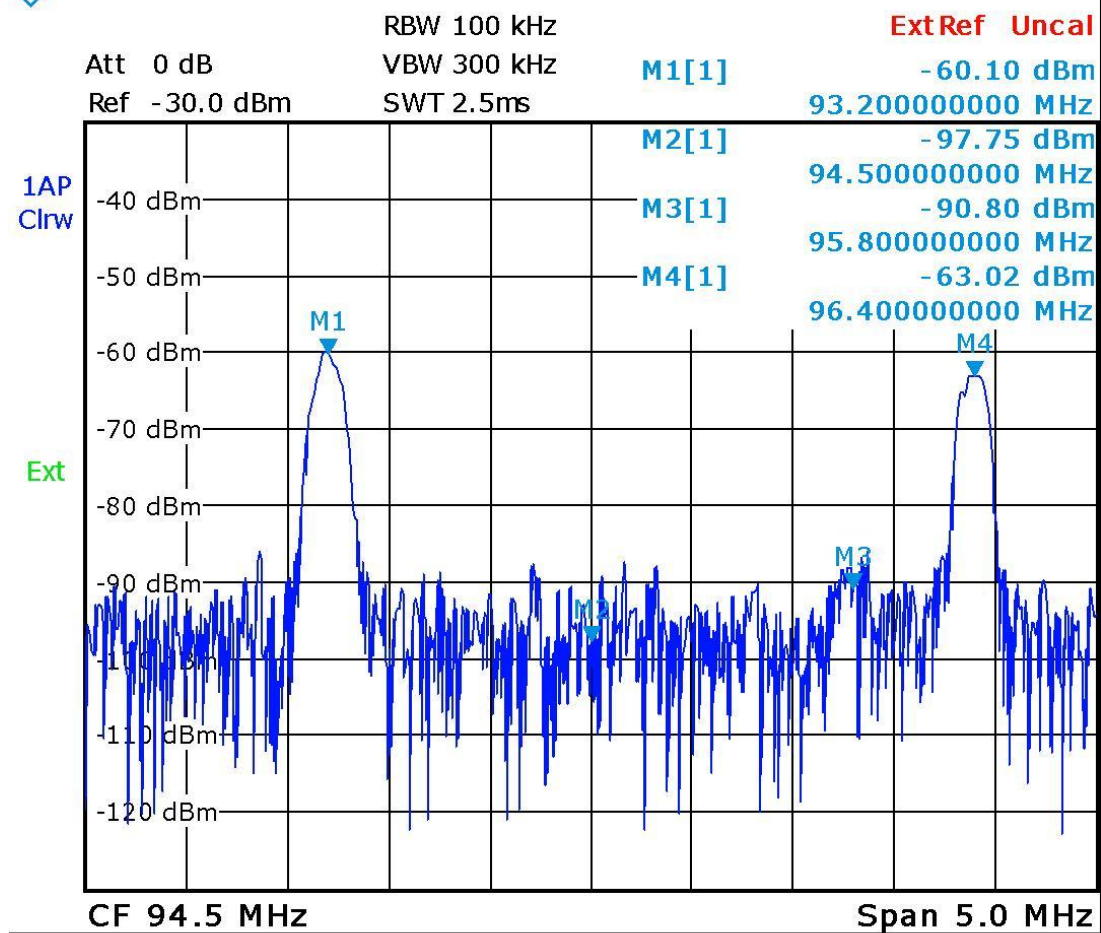
Date: 19.OCT.2011 12:11:53



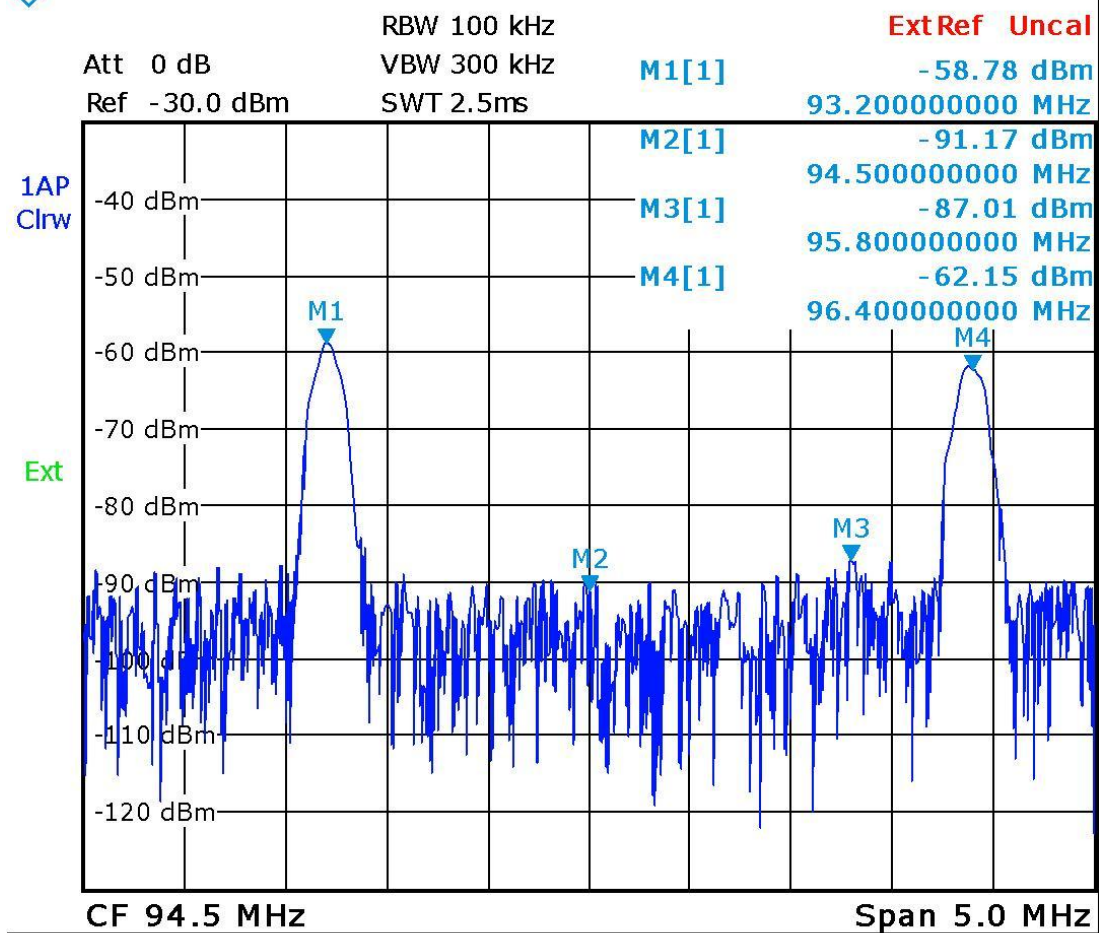
Date: 19.OCT.2011 12:13:51



Date: 19.OCT.2011 12:14:55



Date: 19.OCT.2011 12:15:39



Date: 19.OCT.2011 12:16:11